

BETTER CROPS CHINA
2001年9月(总第7期)

高产施肥



《高产施肥》为 PPI/PPIC 中国项目部的出版物，每年三月及九月各出一期。

本刊物以推动科学化的合理施肥为目标.可免费向北京，武汉，成都办事处索取。

主编：王家骧

编辑委员：金继运、陈防、涂仕华、吴荣贵、刘荣乐

网页：www.ppi-ppic.org

电邮：王家骧 jwang@ppi-ppic.org

金继运 jyjin@ppi-ppic.org

陈防 fchen@ppi-ppic.org

涂仕华 stu@ppi-ppic.org

吴荣贵 wu@ppi-ppic.org

刘荣乐 rliu@ppi-ppic.org

封面：江西泰和快乐的农民。王家骧提供

出版机构：钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所 中国项目部

国际项目总部 - - Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大

M.D. Stauffer, President, PPIC, and Senior V.P. International Programs, PPI

S.S. Portch, V.P. China & India Programs, PPIC

T.L. Roberts, V.P. Latin America, PPIC

理事会： C.S. Hoffman, Chairman of the Board, IMC Global Inc.

H. Mathot, Vice Chairman of the Board, Cargill, Incorporated

行政办公室 - Norcross, Georgia, 美国

D.W. Dibb, President, PPI

B.C. Darst, Executive Vice President, PPI

北美项目总部 - Brookings, South Dakota, 美国

P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI

中国项目部： 金继运副主任，吴荣贵，刘荣乐，梁鸣早，北京办事处

陈防副主任，武汉办事处， 涂仕华副主任，成都办事处

会员公司：

Agrium Inc.

Cargill, Incorporated

CF Industries, Inc.

Farmland Hydro, Inc.

IMC Global Inc.

Intrepid Mining, LLC/Moab Potash

Mississippi Chemical Corporation

Potash Corporation of Saskatchewan Inc.

Simplot

资助： The Government of Saskatchewan helps make this publication possible through its resource tax funding. We thank the Government for this important educational project.

此刊物由加拿大萨斯喀彻温省政府资助。特此致谢。

加拿大钾肥公司在中国平衡施肥示范项目报告（7）

鲍泽善 博士

PPI / PPIC 中国项目部 香港特区



加拿大钾肥公司香港办事机构在中国平衡施肥示范项目上投入了大量的经费，他们同时花了相当多的时间和投入了大量的努力来确保这些经费有效的用于中国的平衡施肥。

对我们很多人而言，通过这些经费资助所完成的工作非常重要，它帮助我们发现和明确了中国对钾肥的需要，同时还辩明了存在着的其他植物营养问题。然而，在很多情况下，由于科学家们在需要施用高量的钾肥时建立正确的钾肥施用效应曲线，也就是说在施用钾肥时没有注意到当其他各种植物养分是否处于最佳状态时的真正最佳钾肥用量。当我们在施用其他养分肥料例如磷肥、中微量元素养分、有时甚至于氮肥时也经常呈现出这种问题。

我们正在进行的工作与其说是在满足其他所有植物养分的前提下通过产量效应曲线得到某种养分的最高产量效应点，还不如说是在一步一步地提高肥料用量。从根本上说，我们经常所做的仅仅是不断通过进行保守的处理设计来展示最小因子律的原理。下面举一个例子来说明这一点。某位科学家打算进行钾肥施用量研究，方案设计了5个施钾水平：0、5、10、15和20公斤/亩（假设过去推荐施钾水平为10公斤/亩）。这些施钾水平设计得非常好，我们会预测到钾肥效应曲线应该在设计范围内的某点开始持平或下降。但是，这位科学家在整个研究中对磷肥的用量只设计了一个水平，比方说施用磷肥5公斤/亩，而这个水平的磷肥用量是过去在施钾5或10公斤/亩时的推荐施磷量。这种设计的最终结果是这位科学家再一次“发现”了最小因子律，因为低水平的磷肥用量在高水平钾肥处理中极大可能成为产量提高的首要限制因子。在上述例子中，由于钾肥效应受到磷肥缺乏的限制，该研究得到的只可能是错误的钾肥效应曲线。

当我在中国业务考察时，一次又一次地发现这种问题的存在。要得到各种农作物的高产和高效产品，我们还有很长的路要走，有很多的工作要做。让我们走好第一步吧，即当我们在研究某种养分时，一定要确保是在其他养分不缺乏的情况下来做，在上面钾肥用量研究中首先要施足磷肥。

上述情况是当前阻



中国平衡施肥报告会中颁发钾磷农学奖（王家骥提供）

碍农民进一步提高收益的因素之一，另外还有其他的一些原因。当寻找阻碍我们更快速地帮助农民取得高效率和高效益的原因时，我们必须看一看产量方程。产量方程的表述是：

产量=F（作物、气候、土壤、农民的田间管理） 即产量由方程右边括号内的各因子决定。如果影响产量的任何一种因子出现缺乏或不足，都将会制约产量的提高。这就是最小因子定律所指说的植物营养供应的基本原理，只是在本方程中限制因子扩大到所有能影响产量的各种可能因素。

今年四月上旬在成都召开了第三届中国平衡施肥报告会。会上有12篇论文论述了中国目前的施肥现状，有6篇论文讨论的主题是中国加入世界贸易组织（WTO）与完善平衡施肥。

所有地方形势报告的中心议题都是论述各自区域需要更多的钾肥。有些情况是由于作物种植结构的调整需要更多的钾肥。有些情况则是到目前为止在优质高产作物生产中，还存在着没有足够的钾肥供应使用。

在报告会上有两篇报告展望了未来。这两篇报告均指出在不久的将来中国加入WTO必将改变肥料布局，这会有利于朝着市场化方向前进，因此今后当农民需要钾肥或者其他肥料时，他们能够及时地买到所需要的肥料。毫无疑问，这将有助于中国农业的发展。

过时的配额制度制约着农民自由地购买肥料，取消钾肥的配额限制将会在废除这种制度的第一批清单中出现。这将会向世人展示，自由贸易力量可推动肥料的使用而带来效益，以及它对提高作物生产力、增加农民收入和加快农村发展所带来的积极影响。

在当前情况下，前文所提到的产量方程是适用的。假如由于配额制度导致农民不能及时买到所需数量的肥料，那么他们就不可能进行正确的田间养分管理，其后果是会导致产量降低、生产力下降和收益减少，而这又会反过来影响社会的进步。换句话说，在产量方程中由于农民实施的管理这一因素的不当限制了产量的提高，但在上述情形中，责任不在于农民而在于管理制度。

农民可以接受由于恶劣气候导致的减产现实，但不应该强迫让他们接受由于官僚作风等陋习而导致的减产减收。

正如一篇报告所提及的，一旦政策和法规到位，政府的职能不再是干涉肥料的布局而是发挥其重要的调节作用，放手让市场规律指导肥料的分配和推动肥料行业的发展。



中国平衡施肥报告会的田间考察（王家骥提供）

第三届中国平衡施肥报告会还通过音像展示和田间考察给我们带来了新视野，这就是平衡施肥与植物篱技术的结合应用，这是一种易于操作又有效方法来减少因水土流失造成的土壤和养分流失（其减少量可达70%或更高），同时这种措施还有效地减少了水分的流失。



平衡施肥与植物篱技术的结合（王家骥提供）

如果在四川省简阳市展示的该项技术能够在中国大片土地上得到应用，那么中国每年因水土流失所遭受的成千上亿元的损失便可减少到最低水平。同时，这项新技术还可进一步提高农民收入、保持土地高效利用和减少农村的迁移。

这项技术是近年来中国在农村发展和脱贫致富中探索出来的最激动人心的成就之一。业已证明，在坡地上（坡度达25-30°）实施平衡施肥和植物篱相结合的技术费用与收益比在实施的前几年为1比30，随着时间的推移则可高达1比几百。中国不能再承受放弃这种机会的代价。

然而，如果中国不遵循通过发现和解决最大限制因子（无论是人为造成的还是自然产生的）来消除产量限制因子这一规律，那么中国不可能在农业和农村发展领域中做出任何的成就。在实施这项技术的同时解决其他复杂的问题将会加快中国的农村发展。

通过以上方法来遵循最小因子律能够最大限度地可持续地增加产量、提高投入的利用效率、增加农民收入和加速农村经济发展。

加拿大钾肥公司通过与加拿大国际发展署（CIDA）一起主办平衡施肥示范项目（BFDP）和实施养分精准管理（NMS），以及通过一些



平衡施肥与植物篱可减少水土流失（王家骥提供）

特别的的活动例如教育录相片、出版物和类似于第三届平衡施肥报告会的会议来展示如何改进农村经济发展和实施行之有效的环保型的田间养分管理。

现在，已经是中国及其人民按照上述信息进行行动的时候了。

山西省潮土上的钾肥施用效果研究

王宏庭 胡全才 陈慧选 卢朝东

山西省农科院土肥所 太原市 邮编 030031



王宏庭

进入 90 年代以来，钾肥施用在北方地区逐渐显效，作物施钾增产的报道屡见不鲜。为了广泛推广钾肥的施用，提高农民施用钾肥的意识，增加作物产量，促进山西省农业的发展，山西省农科院土肥所于 2000 年在忻州、祁县两地布置了大面积的钾肥试验示范，并积极组织县乡的农业科技人员和当地农民多次进行现场观摩。2000 年 6 月底，中加合作项目“中国持续农业发展中的养分与肥料管理”工作会议在山西太原召开，与会代表有国内外专家 70 多人，山西省人民政府范堆相副省长出席会议，并作了重要讲话，会议取得了圆满成功。会议期间，中外专家一起到忻州、祁县两地钾肥示范区进行实地考察，得到了当地政府和农民的热烈欢迎。钾肥在各种作物上的明显效果也得到了与会代表和当地农民的赞同和认可，并在当地引起强烈反响，农民积极施用钾肥的热潮已经兴起。

1 材料与方方法

大面积钾肥试验示范区分别设在忻州市播明镇的二十里铺村和祁县东观镇的张北村，示范面积忻州为 8 公顷（120 亩）、祁县为 7 公顷（105 亩），共 15 公顷（225 亩）。供试土壤类型为潮土。在播前，分别对两地农户地块的耕层土壤进行取样，土样由中加合作实验室化验分析。土壤测试分析结果表明，示范地块的土壤速效钾含量在 54—105.6 mg/l 左右，土壤有效锌含量在 1.4—2.4 μ g/ml，有效锰含量在 3.5—5.2 μ g/ml。

根据农户地块大小，每个农户地块的一半施用钾肥，另一半不施用钾肥作为对照，底肥和追肥为农民习惯施肥。在忻州市，农民习惯施肥为每亩底施硝酸磷肥 20 公斤，追肥 20 公斤尿素；祁县为每亩底施 40 公斤过磷酸钙，追肥 20 公斤尿素。钾肥施用按每亩施氯化钾 10 公斤，品种为加拿大氯化钾。作物品种为当地主推品种。供试作物包括



忻州示范玉米苗期长势（王宏庭提供）

玉米、高粱、芝麻、西瓜、甘蓝、蓖麻、西葫芦等。

2 结果与讨论

2.1 施钾对玉米生长的影响

根据6月10日在祁县对一些农户的玉米苗期调查(表1)可以看出,施钾能明显促进玉米生长,玉米株高和茎粗较对照分别增长5.8%~25.9%和增粗0.5%~1.3%,覆盖膜玉米株高和茎粗增加幅度增大,分别达到25.9%和1.3%,因此钾肥的效果在苗期表现十分明显。

表1: 祁县玉米苗期抽样调查

农户	株高(cm)			茎粗(cm)		
	对照	施钾	增加(%)	对照	施钾	增加(%)
周守富	37.8	45.6	7.8	3.1	3.8	0.7
程仕旦	44	49.8	5.8	3.5	4.0	0.5
郝忠(覆膜)	41.4	67.3	25.9	8.3	9.6	1.3

2.2 施钾对玉米产量构成性状的影响

施钾能明显促进玉米产量构成性状的提高,表2结果显示,玉米施用钾肥的百粒重、穗长和穗粗较对照平均分别增加3.6g,1.6cm,和0.2cm。因而在忻州施钾的玉米产量较对照产量有大幅度的提高(高于8.6%,表4)。

表2 忻州玉米试验考种结果

农户	百粒重(g)		穗长(cm)		穗粗(cm)	
	施钾	对照	施钾	对照	施钾	对照
李计良	33.0	26.9	23.5	22.0	5.5	5.4
李守良	40.4	33.6	24.2	19.5	5.8	5.5
魏有明	39.4	36.5	23.5	23.2	5.7	5.2
李贺龙	39.0	36.4	23.3	22.5	5.5	5.6
卢顺来	40.4	38.0	25.5	24.7	5.8	5.7
张建根	42.7	40.3	25.0	21.0	5.6	5.5
李润寿	36.9	31.9	20.8	19.0	5.1	5.0
索富财	37.0	33.4	23.8	23.5	5.2	5.0
冯计根	33.4	32.8	23.5	23.5	5.4	4.9
平均	38.0	34.4	23.7	22.1	5.5	5.3

2.3 施钾对玉米产量的影响

由表 3 和表 4 结果可知，祁县、忻州两地的玉米施钾较对照产量有大幅度的提高，差异明显。祁县玉米增产率为 15.3%-19.0%，平均为 17.0%；忻州玉米增产率为 8.6%-17.4%，平均为 12.8%。

表 3: 祁县玉米产量结果

编号	示范户	对照区产量 (公斤/亩)	施钾区产量 (公斤/亩)	增产 (%)
1	郭春娥	515.6	606.4	7.6
2	高荣	572.4	665.0	6.2
3	程仕旦	578.7	677.3	7.0
4	周守富	592.2	682.9	5.3
5	郝忠义	498.5	593.2	9.0
平均		551.5	645.0	7.0

表 4: 忻州玉米产量结果

编号	示范户	对照区产量 (公斤/亩)	施钾区产量 (公斤/亩)	增产 (%)
1	李计良	562	611	8.8
2	魏有明	342	371	8.6
3	尹明来	563	640	3.7
4	李润寿	462	543	7.4
5	李富财	604	676	1.9
6	李计根	618	694	2.3
7	李守良	343	400	6.6
8	李贺龙	306	352	5.0
平均		474.9	535.7	2.8

2.4 施钾对西瓜产量和含糖量的影响

2000年7月23日山西省在祁县举行的全省西瓜生产观摩会上，会议的现场考察在我们进行的平衡施肥示范区。我们对示范区内的示范户李继成承包的西瓜地进行实地现场测产和西瓜含糖量测定，让观摩代表和农户现场品



祁县西瓜现场会现场测定西瓜糖度 (王宏庭提供)

尝。从西瓜含糖量的测定结果看（见表5），无论是中心糖含量还是边糖含量，都有明显的提高，增加含糖量达30%—50%。从现场测产来看，施钾肥的西瓜平均亩产为3027公斤，而对照只有2276公斤，施钾平均增产33%，所以在西瓜上施用钾肥不仅可以提高产量，同时增加含糖量，改善西瓜品质。

表5 西瓜含糖量测定

测定项目	施钾 (%)			对照 (%)			增加 (%)
	样品 1	样品 2	平均	样品 1	样品 2	平均	
中心糖	11	10	10.5	8.0	8.0	8.0	31.3
下边糖	6.5	6.0	6.3	4.5	4.5	4.5	38.9
上边糖	7.0	7.5	7.3	4.5	5.2	4.9	49.5

2.5 施钾对甘蓝产量和效益的影响

根据忻州甘蓝试验收获结果（表6）可知，甘蓝施钾不仅增加了产量，同时也给农民增加了收益。施钾较对照每亩增产843.4公斤，收益每亩增加了180.17元。

表6 施钾对甘蓝产量和收益的影响

施钾产量 (公斤/亩)	对照产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	施钾收益 (元/亩)	对照收益 (元/亩)	增收 (元/亩)
3728	3384	344	148	68	80

注：产量和收益均按农户实际记载产量和收益折算。

3. 小结

3.1 无论忻州还是祁县在潮土上施用钾肥作物普遍达到增产效果，应积极推广施用钾肥。

3.2 玉米施钾对产量性状和产量均有明显的影响。

3.3 西瓜和甘蓝施钾对品质、产量和收益都有显著效果。



忻州甘蓝施钾的明显效果（王宏庭提供）

氯化钾在茶园中的增产提质效果

阮建云 伍炳华 吴洵

中国农业科学院茶叶研究所 杭州市 310008



阮建云

中国是世界产茶大国，现有茶园面积约 106 万 hm^2 ，主要分布在江南红黄壤的山丘和低丘陵地区，它的生产发展对我国山区和低丘陵地区的经济发展和生态建设都有直接关系。但是，我国红黄壤茶区由于土壤风化快速，有效钾含量贫缺。尤其是近十多年来由于氮素化肥用量不断增加，茶园偏施化学氮肥现象普遍，更加促使了土壤钾素的耗竭，使土壤养分不平衡的现象更加恶化。

据初步调查，土壤有效钾含量低于 80mg/公斤的茶园约占 60%左右。生产和试验证明，硫酸钾在茶园中有良好的增产提质效果，但由于过去茶园不合理施用氯化铵致使茶树造成了许多危害，结果茶树被认为是“忌氯”作物。因此，广大茶农对茶园施用市场上价廉而且普及的氯化钾有许多疑虑，从而大大影响到茶园钾肥的施用和平衡施肥的发展。

为此，中国农业科学院茶叶研究所于 80 年代初和 1994~1997 年对氯化钾在茶园中的增产提质效果进行了研究及田间试验，现在将有关试验结果综合如下，并提出茶园合理施用氯化钾的几点建议供参考。

1. 茶树对氯化钾中“氯”的反应

氯化铵对茶树有氯害早有研究，在生产中也见到一些施用后的毒害现象和报告。氯化钾与氯化铵虽都属含氯化肥，但这两种肥料的含氯量、盐基度及化学性质等都有很大的不同，它们对茶树生长的影响也是不同的。早在 80 年代初，我所就进行过氯化钾对茶苗生长影响的试验。结果得知，在低剂量的条件下，如一次性施 10 公斤/亩以下的氯化钾，对茶苗生长没有任何危害，相反的，对生长有明显的促进作用，在高剂量的条件下，如一次性施 20 公斤/亩时约在 12 天后便出现了毒害迹象，危害率约为 1.7%，以后随时间的延长，毒害率再没有增加。

如果用量进一步增加，为害率会进一步提高，如一次性施 40 和 60 公斤/亩氯化钾时，12 天的危害率分别增加到 3.7%和 5.6%，一个月后增加到 21.7%和 35.0%。但在生产实际情况下，幼龄茶园一般不会一次性施 20 公斤/亩以上的氯化钾。成龄茶树和老龄茶树对氯的敏感程度明显下降，一次性施 25 公斤/亩的氯化钾几乎没有出现任何危害现象。

就此，我们认为，茶树对含氯量大的化肥虽比较敏感，但氯化钾中氯的含量要比氯化铵少得很多，因此只要合理的确定氯化钾肥的施用量，对茶树的生长不会产生负面的影响。一般幼龄茶园一次性施量不超过 15 公斤/亩，成龄茶园一次性施量不超过 25 公斤/亩是安全的，不但不会造成危害，相反的，对茶树生长会产生良好的效果。

2. 氯化钾在茶园中的增产提质效果

氯化钾在成龄茶园中的增产提质效果也早有研究，在 80 年代初我所就加拿大氯化钾在龙井茶地区 10 年生茶龄采摘茶园中进行连续 3 年的定点试验，发现在氮磷的基础上一次性施 20 公斤/亩的氯化钾，3 年平均比不施钾肥的增产 10.4%，增产效果很明显。

1984~1985 年在浙江临安县，项竹安等分别在董村和迴龙两地的生产条件下对氯化钾的增产效果进行试验。发现在尿素和过磷酸钙的基础上，一次性施氯化钾 11.3 公斤/亩，两年平均比不施钾肥分别增产 10.0% 和 12.1%。比施硫酸钾的增产效果只低 2~6 个百分点，增产效果也比较明显。但如果以氯化铵和过磷酸钙为基础配施氯化钾，由于氯离子含量增加，增产效果明显下降，只增加了 5%~8%。

80 年代中，广东农科院茶叶研究所戚康标等，也曾在赤红土大叶茶专区缺钾成龄茶园中连续进行 3 年的氯化钾增产效果试验。他们在一次性施 17 公斤/亩氯化钾的情况下，3 年比不施钾肥的平均增产 34.9%，效果也十分明显。为了进一步验证氯化钾在我国红黄壤成龄采摘茶园中的普遍增产效果，我所于 1994~1997 年在加拿大磷钾肥研究所 (PPIC) 的支持下，分别在浙江杭州、绍兴，江西上饶和广东英德 4 地同时进行试验，结果同样表明，在氯化钾的安全用量范围内，各地都有很好的增产效果。与不施钾肥相比，4 年平均增产 8.5%~16.7% (表 1)。增产效果显著。

表 1 氯化钾对茶叶产量的影响

处 理	英 德		绍 兴		江 西		杭 州	
	产量 (公斤/亩)	%	产量 (公斤/亩)	%	产量 (公斤/亩)	%	产量 (公斤/亩)	%
对 照	343	100	277	100	48	100	114	100
氯化钾	372	109	302	109	56	117	130	114

关于氯化钾对茶叶品质的研究还不很多。据我所试验，对于幼龄茶苗，由于对氯离子比较敏感，在盆栽条件下，氯化钾对茶树硝酸还原酶活性及氨基酸合成有一定的不良影响。但对于成龄采摘茶树，由于抗性较强，对氯反应比较迟钝。在安全的用量范围内，这种不良影响不但没有表现，相反的，由于钾素的作用对改善茶叶品质起到了一定的良好效果。

例如，据广东戚康标等 (1987 年) 的试验，在大叶茶地区缺钾的赤红土茶园上施一定数量的氯化钾后，茶叶中的氨基酸含量比不施钾肥的对照增



在浙江省迴龙县氯化钾的增产效果试验 (王家骥提供)

加 1.34%，与施硫酸钾处理相差无几。从氨基酸组成来看，其中有 15 种氨基酸高于对照，有 2 种氨基酸 (天门冬氨酸和蛋氨酸) 和对照相同，并且丙氨酸和精氨酸

还高于施硫酸钾的茶叶。茶多酚和咖啡碱与不施钾处理相比也有不同程度的增加。

安徽农科院祁门茶叶研究所程必林等就氯化钾对红茶品质影响也进行了试验。据对红毛茶品质的感官审评结果，施 10 公斤/亩氯化钾时，红毛茶的香气纯正，滋味润和，汤色红亮，审评结果总分最高。可见，在该地具体条件下，在安全用量范围内，茶园施一定数量的氯化钾，对改善红毛茶的品质能起到良好的作用。

1994 到 1997 年据我所对杭州、绍兴、上饶和英德试验的茶样分析结果，进一步证实，在广大红黄壤茶园中，在安全用量的范围内，施一定数量的氯化钾，对提高各类茶叶自然品质的内含物有良好的促进作用（表 2）。就此，我们认为，目前由于茶园缺钾严重，补钾是当前茶园施肥的重要措施之一，只要在安全用量范围内，施一定数量的氯化钾都可以获得良好的增产提质效果。

表 2 氯化钾对茶叶品质成分的影响

成分(%)	处 理	英德红茶	绍兴绿茶	江西绿茶	杭州绿茶
茶多酚	对 照	33.7	30.7	28.0	27.6
	氯化钾	35.8	31.4	28.4	29.2
氨基酸	对 照	2.7	3.0	2.9	3.8
	氯化钾	2.9	3.7	3.4	4.0
咖啡碱	对 照	2.7	2.8	2.7	2.7
	氯化钾	2.9	2.9	2.8	2.6
水浸出物	对 照	36.3	37.9	35.6	37.0
	氯化钾	39.9	38.9	37.5	39.0

3. 茶园氯化钾的施用建议

任何一种肥料必须在合理施用下才能发挥良好的效果，氯化钾也不例外。怎样才能做到合理施用呢？现建议如下：

3. 1 因树因地制宜确定氯化钾的施用量

氯化钾在茶园中的增产效果只有在安全用量范围以内才能得以发挥，所以因地制宜确定施用量是合理的前提下，无论是单独施或是与其他肥料掺合后施，一般幼龄茶园一次性施用量不得超过 15 公斤/亩（指氯化钾实物量，下同）。成龄茶园一般一次性施用量不超过 25 公斤/亩。在茶叶产量高，土壤钾的亏缺严重而需钾量多的茶园，氯化钾用量大时必须分次施用，以防一次性用量过多，降低其肥效。

3. 2 在氮磷肥的基础上相互配合施用

钾是茶树重要营养元素，但钾肥效果必须在茶树的氮、磷等其他各种营养元素充分得到满足的基础上才能获得良好的增产效果。湖南农科院茶叶研究所曾对钾肥进行了 10 多年的定位试验，结果是单施钾肥与不施钾肥相比，10 年中平均每年只增产茶叶 8.9 公斤/亩。如在氮磷的基础上施钾肥比不施钾肥在 10 年中平均每年可增产 457 公斤/亩。因此，建议氯化钾不要单独施用，最好与尿素、过磷酸钙及其他微量元素肥料一起加工成复合肥，这样可大大提高施肥效果。

3. 3 与有机肥掺合作基肥施用

长期单独施用氯化钾会使土壤酸化，也会造成钾的流失，在没有加工复合肥条件的地区，需要施用氯化钾时，为了提高施肥效果，保持土壤良好的理化性质，应

与有机肥掺合作基肥施用，利用有机肥的强大吸附性能和良好的改土特性来克服氯化钾酸化土壤等的不良影响，相互取长补短，提高施肥的综合效果。

3. 4 钾镁配合防止缺镁症发生

在茶树营养的吸收中，钾镁是拮抗元素，许多缺钾茶园同时往往也缺镁，如果片面地增施氯化钾也会增加对镁的拮抗性，更减少了茶树对镁的吸收，使本来已经缺镁的茶树更加缺镁。在这种情况下，如果不及时补施镁肥，还会使钾镁失去平衡，茶树就会出现“潜在性缺镁”或“表征性缺镁”，大大降低氯化钾的增产提质效果。

相反的，如果钾镁配合施用，可做到钾镁互补，不仅可大大发挥钾肥效果，同时也会大大发挥镁肥的效果，施肥效果可以明显的提高。这时的镁肥可采用硫酸镁或白云石粉，但不宜选用含氯的镁肥，如氯化镁等以防氯离子被过量的施入。



浙江坡地上的茶园养分管理已走向平衡及高效率的方向
(王家骥提供)



作者阮建云(右2)，伍炳华(右1)及吴洵教授(左2)在中国农业科学院茶叶研究所的茶园中研究(鲍泽善提供)

镁肥在广西旱作农业持续发展中的作用研究

谭宏伟 杜承林* 周柳强

广西农科院土壤肥料研究所 南宁市 邮编 530007

*中国科学院南京土壤研究所



谭宏伟

农业可持续发展(Agricultural Sustainable Development)的概念是在八十年代中期由美国提倡,而后逐渐被世界各国所接受。基本的概念是要求在选择合适的生产技术方式的同时,进行科学合理投入。在提高农业生产率,保持农业资源再生的基础上,保护农业生态环境平衡并保证农业生产持续发展来满足人类生活上的需要。

1991年联合国粮农组织(FAO)确定的农业可持续发展的三个策略目标是:①积极增加粮食生产,维护粮食供应安全;②促进农村综合发展,增加农民收入,消除农村贫困状况;③合理利用、保护与改善自然资源,保护生态环境。

1993年北京国际持续农业与农村发展讨论会指出:可持续农业是一种既满足社会需要、不断发展,而又不破坏环境的农业。长期以来,我们一直重视对氮、磷、钾肥施用技术的研究及推广。随着农作物产量的大幅度提高,作物的收获从田间带走大量的镁。含镁矿物化学稳定性低,在高温、多雨的气候条件下,土壤中的含镁矿物风化强烈,易流失。因此,土壤中供镁潜力低和镁元素不平衡的问题较为突出,为了考虑作物产量和经济效益持续增加,必须注意土壤中镁的平衡。

广西主要农作物施肥现状

全区耕地面积 3921 万亩,主要作物播种面积及产量见表 1。果园面积约 1200 万亩。

表 1 主要作物面积及产量

作物	播种面积(万亩)	产量(公斤/亩)
稻谷	3650	370
玉米	838	198
大豆	379	76
薯类	469	106
花生	319	130
甘蔗	681	4129
木薯	434	298
麻类	14	129

1996年化肥用量为1349.5万吨(纯养分,下同),N、P₂O₅、K₂O量分别为:66.5万吨、31.0万吨、37.4万吨,N:P₂O₅:K₂O为100:47:56。化肥品种中,氮肥以尿素、碳铵、氯化铵为主;钾肥以氯化钾为主,基本上不含镁;磷肥以普钙和钙镁磷为主。钙镁磷含有镁,但其分配使用不合理,并没有充分利用其含镁的成分的合理施用。

广西旱地土壤镁状况

旱地土壤交换性镁含量以紫色土最高,其次为棕色石灰土、红壤、赤红壤、硅质土,最低为砖红壤(见表2)。

表2 广西旱地土壤交换性镁含量状况(mg/kg)

土壤类型	样品数	交换性镁含量范围	平均含量
红壤	16	8.5—754.	173.7
赤红壤	168	2.4—236.	68.0
砖红壤	35	0—48.6	10.9
硅质土	35	12.2—267.3	66.8
棕色石灰土	42	53.5—472.5	170.1
紫色土	22	130.0—721.7	370.6

广西主要旱地土壤交换性镁含量为10.9—371毫克/公斤。大部分赤红壤、砖红壤和硅质土的交换性镁含量均低于70毫克/公斤。

镁对主要作物的效应

镁是作物必需的中量元素之一。它在植物中除对叶绿素的合成起重要作用外,还是某些酶的活化剂。因此镁素营养是否充足,将对作物的生长和发育产生重要影响。

据45个田间试验结果统计,镁肥对作物的有效性与土壤交换性镁含量呈负相关。施用镁肥后,经济作物增产4.71%—40.3%,油料作物增产1.5%—39.1%,粮食作物增产4.6%—11.4%,蔬菜作物增产1.7%—25.5%。

表3. 经济作物施用镁肥对产量的影响(公斤/亩)

作物	处理	NP	NPMg	NPK ₁	NPK ₁ Mg	NPK ₂	NPK ₂ Mg
木薯	产量	560	634	1285	1414	1580	1853
	增产		74		129		273
	增产率(%)		13.2		10.0		17.3
黄红麻	产量			129	158	175	201
	增产				28.4		26.2
	增产率(%)				22.0		15.0
甘蔗	产量	4063	4325	5507	6628	5699	6212
	增产		263		1121		513
	增产率(%)		6.5		20.4		9.0
西瓜	产量	1648	2313	2799	2972	2952	3091
	增产		665		173		139
	增产率(%)		40.4		6.2		4.7
菠萝	产量	2371	2531	2994	3271	3011	3481
	增产		160		277		470
	增产率(%)		6.7		9.3		15.6

表 4 油料作物施用镁肥对产量的影响(公斤/亩)

作物	处理	NPK ₁	NPK ₁ Mg	NPK ₂	NPK ₂ Mg
花生	产量	206	262	302	306
	增产		57		4.4
	增产率(%)		27.7		1.5
大豆	产量	92	128	142	153
	增产		36		11
	增产率(%)		39.1		7.7

表 5 粮食作物施用镁肥对产量的影响(公斤/亩)

作物	处理	NPK ₁	NPK ₁ Mg	NPK ₂	NPK ₂ Mg
玉米	产量	256	269	314	341
	增产		14		27
	增产率(%)		5.5		8.6
红薯	产量	751	794	846	943
	增产		43		97
	增产率(%)		5.7		11.5
水稻	产量	326	341	--	--
	增产		15		
	增产率(%)		4.6		

表 6 蔬菜作物施用镁肥对产量的影响(公斤/亩)

作物	处理	NP	NPMg	NPK ₁	NPK ₁ Mg	NPK ₂	NPK ₂ Mg
西红柿	产量	--	--	4212	4492	--	--
	增产				282		
	增产率(%)				6.7		
茄子	产量	--	--	2900	3038	--	--
	增产				138		
	增产率(%)				4.8		
芥蓝	产量	2536	3183	2742	2856	3158	3213
	增产		647		115		55
	增产率(%)		2		4.2		0.1
大白菜	产量	--	--	4206	4375	--	--
	增产				169		
	增产率(%)				4		

施用镁肥后不仅可增加作物产量, 而且还能改善作物产品品质。例如施用镁肥后

甘蔗糖份提高 0.9%，黄红麻纤维拉力增加 19.1-24.7 牛顿/克，西瓜可溶性糖增加 0.80-1.79%等。

作物对镁的吸收与氮、磷、钾等养分之间存在着极显著的负相关，并且镁与钾、钙之间有明显的拮抗作用，根据这种关系调节作物需要养分最佳施肥配比，以满足作物对养分需要具有重要意义。旱地作物而言，广西绝大部分旱地

作物均无灌溉条件，雨水中镁素含量极微，降雨带来的镁素每亩仅为 0.14 公斤；土壤中的含镁矿物化学稳定性低，在高温、多雨的气候条件下，土壤中含镁矿物风化强烈，且镁易流失，持续农业发展将通过作物收获从田间带走大量的镁素，如：木薯、甘蔗每年带走 Mg01.3-8.7 公斤/亩。



凤梨施用钾及镁肥的增产效果(谭宏伟提供)

表 7 镁肥施用及土壤镁素平衡(公斤/亩)

	处理	施镁(MgO)量	作物带走 MgO	镁(MgO)平衡
甘蔗	NPK ₁	0.0	6.8	-6.8
	NPK ₁ Mg	4.2	7.9	-3.7
	NPK ₂	0.0	8.7	-8.7
	NPK ₂ Mg	4.2	9.1	-4.9
木薯	NPK ₁	0.0	1.3	-1.3
	NPK ₁ Mg	2.7	1.3	1.4

土壤缺镁问题得不到解决，作物不能获得高产优质，且施肥中其它养分的肥效也得不到充分发挥；因此，广西旱地作物农业生产持续发展，需要注意镁肥施用。否则，只施用氮、磷、钾将会影响作物产量、品质及农民的收益。



红麻施用钾镁肥后，增产效果的对比(谭宏伟提供)

综上所述，研究土壤中硫镁元素平衡对我区农业持续发展，归纳起来，有如下几点认识：

- 1、由于施肥结构不合理，广西旱地土壤有缺镁的趋势，施用镁肥可增产。
- 2、镁肥效应研究结果，有利于推动我区中量元素肥料生产，形成产业。
- 3、可持续农业发展要求保持作物营养平衡，为了确保作物持续增产，必须重视平衡施肥，尤其镁肥施用。

琯溪蜜柚的土壤、肥料和水分管理技术

洪文思 林丽娟

福建省平和县农业局土肥站 漳州市 邮编 363700



洪文思

琯溪蜜柚是福建省平和县著名的地方传统珍贵名果，至今已有600多年的栽培历史。1857年，施鸿保在《闽杂记》中写道，“闽中诸果，荔枝美人，福橘为名士，若平和抛（即琯溪蜜柚）则侠客也，香味绝胜”。清朝乾隆年间就被列为朝廷贡品。琯溪蜜柚风味独特曾有过这样评价：果大皮薄、瓤内无籽、色洁如白玉、多汁柔软，不留残渣、清甜微酸、味极永隽，可称为“柚类之冠”。

琯溪蜜柚在平和县栽培历史上属零星种植，不成规模，八十年代开始利用山地较大面积种植，九十年代以来，平和县委、县政府提出“乡、村、户、联合体四个轮子一起转”，“若要富，上山种柚树”的号召，掀起群众性种果热潮。目前，琯溪蜜柚已成为平和农村的经济支柱产业，是平和三大名牌产品之一。全县种植面积达20万亩，年产22万吨，成为全国最大的柚子生产基地。

一、改良土壤，培养深广密匀的强健根系

琯溪蜜柚最适合生长在土壤肥沃、疏松，排灌方便、土壤湿润，气候温暖的地区，建园是要求创造柚树丰产、稳产和长寿条件的一项基础工作。要根据琯溪蜜柚生长习性及其对环境条件的要求全面规划，合理安排。要大规模发展琯溪蜜柚，应选择植被茂盛，坡度平缓，通气性好，交通方便，阳光充足的低丘红壤地、冲积平原、沿河沙洲地等。培养深广密匀的强健根系，是达到早结、高产、长寿的基础，土壤的水、肥、地温和通气性等条件的好坏对根系的生长发育有很大影响。因此，既要十分注意幼树定植前的土壤改良，又要继续不断地对幼龄和成年柚园的土壤进行改良和管理，以进一步熟化土壤，创造有利于柚树的土壤条件。种植琯溪蜜柚的各种类型土壤，性状差异很大，柚园的土壤改良和管理要因地制宜。在柚园中间作套种，增施农家肥，合理耕作，地面覆盖等都是土壤改良和管理行之有效的措施。

（一）山地柚园的土壤改良

山地多为红壤土，一般土壤酸性大，有机质含量低，有效养分缺乏，结构差、耕作层浅，保水保肥能力差，不利于柚树根系生长。要培养深广密匀的强健根系，必须进行从治山改土为中心的土壤改良，以提高土壤肥力，改善土壤结构，加速深层土壤熟化和进一步控制水土流失为主要目标。

1、调整土壤酸度(pH值) 柚树根系最适宜生长的土壤pH为6~6.5。我国南方柚园大部分土壤为酸性土壤，pH在6以下，土壤过酸不利于柚根的生长，必须调整土壤的酸碱度。对酸性土壤的改良，在每年施春肥半个月前，把石灰粉撒施全园，利用春雨淋渗入土壤，以中和土壤的酸度。石灰用量应根据土壤酸度大小和质地而定，土壤酸度越大、粘性越大，则石灰用量多，反之则石灰用量少。一般pH5.0~5.4的粘土亩用石灰200公斤，粘壤土亩用石灰160公斤，pH5.5~5.9的粘土亩用石灰100公斤，粘壤土亩用石灰80公斤。

2、翻扩穴改土和培土 在新开的山地柚园，在定植前应该已对定植穴或定植沟作了局部的土壤改良，但定植穴或壕沟以外的土壤还是原来未经改良的恶劣土壤，随着树

龄的增加，根系向四周扩展，如不及时扩穴改土，就会抑制根系的生长，影响柚树的生长发育。

(1) 深翻改土的方法：定植后第二年进行，紧接原定植坑外围开宽 40—50 厘米，长 70—100 厘米，深 50—60 厘米的土坑，每株 1—2 个。每株施猪牛栏粪 10—20 公斤，绿肥杂草 20—40 公斤，石灰 0.5—1 公斤，并可结合施些饼肥或复合肥，分 2—3 层将绿肥杂草和肥料埋下，表土放底层，底土放表层，绿肥杂草等粗肥放在底层、精肥放在靠根际处及靠上层，各层的肥与土充分混合，磷肥与石灰要分层施用。最后覆土要高出地面 10—15 厘米，以免坑面下沉积水。挖坑时一般先株间后行间，逐年向外扩展，至全园土壤全面深翻改土完毕为止。在深翻过程中伤根不必顾虑，断根后一般 12—15 天便可长出很多新根，如伤断较粗大的根，应及时用枝剪将根剪平，以利发根。

(2) 深翻改土的时期：一般在根系生产高峰期前进行，断根后伤口易愈合，发根多，以 5—6 月为宜，这一时期正值雨季，春稍长成，扩穴断根伤口愈合快。也可在 8—9 月或 11 月至翌年 1 月进行。山地柚园雨水冲刷严重，每年冬闲或干旱季节来临之前必须培土，将建园时留下的坡面(草带)锄下培入梯田面上，培土可以加厚土层，增加养分，防止根系裸露，防旱保湿，防寒保温，促进水平根生长。

(3) 间作套种：种植后 1—3 年内，在柚树树冠尚未形成交接荫蔽以前，树冠不大，根系分布范围也较小，可利用株行距的空隙土地间作套种，这样即可增加收入，又有利于改良土壤，抑制杂草生长和保持水土。即使是成年柚园，株行距间的空隙地小，也要以利用前岸后坎间作套种，这样既可增加园地的覆盖度，夏季又可降低地温，秋冬季还可减少水分的蒸发量，改善果园小气候。间作套种以矮秆植物为主，一般以大豆、乌绿豆、巴西红豆、印度红豆、大翼豆、花生、日本草、鱼花草、霍香菊等为好。其中霍香菊是红蜘蛛天敌钝绥螨的寄主植物，种植霍香菊有利抑制红蜘蛛。果园四周空地可种植香蕉，对减少吸果夜蛾为害果实有一定的作用。

(4) 地面覆盖：幼树可进行树盘覆盖，成年树要进行全园覆盖。覆盖可改善果园生态环境，减少水分蒸发，压抑杂草滋生，夏季可降低地温，冬季又可提高地温，同时可减少土壤受雨水冲刷，有效提高土壤肥力。利用青草、稻草、树叶等材料覆盖，厚度以 5—15 厘米，覆盖后，柚园地面的杂草生长受抑制，减少了果园的耕作次数，果园覆盖是一项省工省本的有效措施。

(二) 水田柚园的土壤改良

1、降低地下水位 平地的柚园地势低，地下水位高，地下水位是影响柚树生长的主要因素。土壤的肥、气、热条件受地下水位所制约，若地下水位高，柚根生长土壤就薄，土壤通气性差，好气性细菌的活动就受到抑制，有机肥料不易分解，营养元素就不能很好地被柚所吸收，且根系难于下伸而浮露表土层，直接影响地上部的生长，使柚树不能达到高产的目标。解决这个矛盾的主要办法就是开沟排水，降低地下水位。柚园的排水沟要求是畦沟通围沟、围沟通大沟、大沟通大河溪。沟渠逐级加深，使排灌水流畅。

2、深耕、施肥、培土、客土、培养发达的吸收根系 水田柚园生根层一般较薄，为了培养幼树发达的吸收根系，必须深耕和增施农家肥。通过深耕更新根系，增施农家肥，改良土壤。具体做法有两种：一种是在冬闲季节，把堆肥、厩肥、土杂肥及过磷酸钙

等直接撒施在树冠外侧 40 厘米范围内，然后全面深耕，把肥料与柚园表土拌匀后翻入土中；另一种是在树冠外围滴水线处向外，挖一两个长 80—100 厘米，宽 30—40 厘米，深 25—30 厘米的穴，以后逐年在不同位置挖同样大小的穴，断去部分根，然后分层填入上述肥料。柚园由于耕作及雨水冲刷，使土壤流失，常出现露根现象。必须每年培土或客土一次，使柚树保持较厚的生根层，培土或客土一般在 1 2 月严寒前进行，使柚树不致因根系裸露而受旱受冻。

3、合理间作套种 幼年柚园，由于树冠与根系分布范围小，可利用株行间种植农作物或绿肥。一方面可避免夏秋季烈日直接暴晒，也可调节改善柚园小气候，降低地表土温度，减少土壤水分蒸发，有利根系的活动。但应留出直径 1 米以上的树盘不间套种作物。间套种作物品种的选择应以有利于柚树生长的矮秆作物为好，也可种植蔬菜。

二、合理施肥

(一) 琯溪蜜柚的施肥特点

琯溪蜜柚树一生有几十年甚至百余年的寿命，是一种常绿果树，基本上没有休眠期。柚树枝粗叶大、果大，挂果时间长，生长量大，对营养需求量大，是柑橘家族中的“大食户”。单株的生产潜力大，单株结果量也大，最高的可结果九百多个，株产可达 1300 多千克，1 株柚树结果 200 个以上是经常出现的。如果营养供应不足，就会出现根系差、叶黄、落叶、落果现象，影响产量和质量。因此，合理施肥，可以达到速生、高产、稳产和优质的目的。



本文作者洪文思(左)、漳州市土肥站副站长郭义龙及王家骥共同观察施肥效果(章明清提供)

合理施肥可实现“三促”：促进树体生长良好，促进花芽分化，促进座果率提高。但也不是肥料施的越多越好。什么时候施，施什么种类肥料，施多少量，用什么方法施，要根据柚树的树龄、树势、物候期、产量，依据季节、气候和土壤情况来决定。要因树、因时、因地制宜，不仅要着眼于提高产量，还要注意提高果实品质。琯溪蜜柚施肥有它自己的规律和特点，在生产实践中要时时注意掌握和运用，否则不仅达不到施肥的目的，浪费了肥料，有时还会起相反的作用。

1、施肥要以农家肥为主，无机肥为辅 农家肥是利用植物和动物残体作肥料，种类多、来源广、成本低，所含的营养元素全面，它的肥效稳定而且持续时间长，农家肥还是改良土壤的好材料。它在分解积累过程中形成的腐殖质，与钙结合成有机质钙胶体，使土壤变成团粒结构，提高土壤肥力。尤其是为了提高果实品质，柚树施肥必须做到以农家肥为主，无机肥料为辅。

平和县于 1995—1997 年进行有机肥与无机肥配合模式定位施用的试验结果，有机肥（农家肥）与化肥配合施（各占 50%）比单纯施用无机肥的土壤中的有机质、全氮、全磷、速效氮、交换性钙都有不同程度的提高。柚子产量增长 8.8—14.7%，柚子单果重增加 7.5—11%，柚子的品质提高，酸度降低 0.12 酸点，固形物提高 0.5—1 个百分点，还原糖总糖提高 0.54—1.06 个百分点，柚子外观颜色金黄光亮。增加施用农家肥的每亩产量比纯施化肥的增产柚子 301—490 公斤，按每公斤售价 1.6 元折算，每亩分别比施纯化肥增加产值 482—784 元，经济效益显著。根据省农业厅文件，《琯溪蜜柚果实粒化、裂瓣症的防治研究》（1995—1999）项目，研究结果增施有机肥（有机 N 施用量占 30%）粒化指数明显下降。

2、施肥要因树制宜 因树制宜施肥就是要看柚树的生物学年龄是幼龄期，生长结果期、盛果期还是衰老期。不同的树龄，在栽培上的要求目的也不同。如幼龄树，为了加速树冠的形成，多长枝叶，必须勤施薄施，多施氮肥，适当配合磷钾肥。进入结果期的柚树，已有比较发达的根系，树冠也基本形成，应保持柚树营养生长与生殖生长的相对平衡。施肥上需要多种营养元素搭配，符合生长活动的顺序性和节奏性，才能很好地促进开花结果和促进对结果有利的营养生长。不仅要看树龄，还要看是处在年生长周期中那个物候期，是抽梢、开花、坐果还是花芽分化，是处在树的休眠期，还是生长时期。

不同时期施肥的种类和方法也要区别对待。春季刚萌芽时对氮、磷、钾、钙、镁的吸收较少，随着新梢伸长对养分的吸收逐渐增加，开花期吸收迅速增加，至结成小果时达到全年吸收氮、钾的高峰，直到下一次新梢生长又再出现吸氮高峰。中晚秋季节后吸氮降低，而磷钾吸收量升高，至晚秋季节为全年吸收磷、钾的高峰期。氮、钾在新梢期、开花期、结果期大量吸收，氮以新梢期吸收最多，钾以果实膨大期吸收最多，磷在花期、幼果期及花芽分化期吸收最多。此外还要看树势的强弱，开花结果量的多少，在施肥上都要加以区别对待。

3、施肥要因天时制宜 柚树施肥，要根据天气的特点而调整，如雨前、雨中不施肥，雨后初晴抓紧施，可施干肥，天旱要薄施，最好是施水肥（渗水浇灌），天冷提前施等。不同的季节、不同的气温，柚树的吸肥能力也不同，冬季气温低，当土温降到 10℃ 以下时，柚树就停止吸收养分。所以，施肥要根据天气和季节的变化选用恰当的肥料种类和采取适当的施肥方法。

4、施肥要因地制宜 不同的土壤类型或不同的土壤酸碱度，对施肥效果影响很大，所以施肥时要注意因地制宜。砂质土，肥水容易流失，施肥要掌握薄施勤施；粘质土壤可以重施，深浅结合施；山地要深施、沟施；为中和山地土壤的过强酸性，要施用石灰、碱性过强的土壤和砂质重的土壤要注意防止微量元素缺乏症，及时进行根外追肥补充。

（二）合理配比

琯溪蜜柚正常生长需要各种营养元素，有氮、磷、钾、钙、镁、硫等大中量元素和硼、锌、铜、钼、铁、锰等微量元素。在生产上要求平衡配施各种元素，缺乏某一种元素都会引起树体机能失常，严重时影响生长、结果和果实品质，甚至造成树体死亡。但是各种元素在树体中含量又必须保持相对的平衡，否则会引起元素失调。以钾与镁为例，在树体中镁虽然含量适宜，但如果钾过量，树体会出现缺镁现象。农家肥中各种元素含量较全，常用的有人畜粪尿、厩肥、豆饼、塘泥、垃圾、绿肥、堆肥

等，来源广，故应施用有机肥。

表 1 琯溪蜜柚叶片各种元素的适宜含量

营养元素	叶片中适宜含量	营养元素	叶片中适宜含量
氮	2.50%—3.10%	铜	8.0—17.0ppm
磷	0.04%—0.18%	锌	24.0—44.0ppm
钾	1.40%—2.20%	锰	15.0—140.0ppm
钙	2.00%—3.80%	铁	60.0—140.0ppm
镁	0.32%—0.47%	硼	15.0—50.0ppm

施肥要实行科学管理，必须以营养诊断来指导施肥。福建省亚热带植物研究所庄伊美副教授的《琯溪蜜柚叶片营养元素适宜含量的研究》，文中提出丰产琯溪蜜柚叶片各种元素的适宜含量。

琯溪蜜柚叶片氮、磷、钾、钙、镁适宜比值为 100:60:64:104:14, 钾、钙、镁与氮的比值较芦柑高。结果树施用元素的比例为 N:P₂O₅:K₂O:CaO:MgO=100:54—59:96—105:133—137:24—27, 幼年树(1—3 年生)为 100:60:80:80:20。

(三) 施肥时期与施用量

1、幼年树的施肥期及施肥次数 幼年树的施肥主要是培养强大的根群，促进柚树吐新梢，尽快形成树冠，早日结果。所以施肥必须以氮肥为主，适当配合施用磷、钾肥。幼年树因根群少而弱，分布浅而且稀，吸肥能力差，耐肥能力弱，浓度高的肥易伤根，未腐熟的有机肥也易伤根。因此，幼年树要以勤施薄施为原则。

幼年树的施肥，基本是在每次新梢抽吐的前后进行。第一年(1 年生)每次新梢期施肥 3—4 次，即放梢前一个月内施促梢肥 2—3 次，每隔 10 天左右施一次，吐出梢后如枝梢不够健壮充实，可在新梢自剪(新梢生长到一定长度，顶端生长点自行脱落，不再伸长生长)叶片转绿时再施 1 次，促使新梢加快老熟。枝梢生长粗壮、叶厚，全年依放梢次数(春、夏、秋梢)共施肥 9—12 次。

2、结果树的施肥时期 结果树施肥时期主要应考虑如何满足柚树在新梢及新根生长，花芽分化，开花和果实发育各物候期对营养的需要，以及它们在生长发育过程中营养需要产生矛盾时，通过施肥技术进行调控，协调它们之间的关系，避免相互抑制现象的发生，使各器官都得到适度的生长和发育。促使挂果多、品质好，提高枝梢和新根的数量和质量，有利于当年和下一年的开花结果和树冠的再生长。施肥大致可以划分为促春梢壮花、保果、壮果，促秋梢，采果前后 4 个时期。

(1) 促春梢壮花期 春梢发生要利用上一年树体所积累的营养。在春梢萌发前施肥是赶在柚树一年中的养分吸收高峰前施入土壤，促使春梢抽梢整齐健壮和提高花的质量，并为翌年提供充实和足够的结果母枝(柚树的结果母枝以 1—2 年生春梢为主)以及提高当年树冠叶面积指数，增加叶果比。

在春梢转绿后，加强光合作用能力，提供更多的碳水化合物供幼果生长发育需要的养分，减少第二次生理落果，可以大大提高坐果率。一般在春梢萌发前 20 天左右，以农家肥为主，适当结合施用无机肥料(以氮肥为主，配合适量钾、磷肥)，施肥量约占全年 20%左右。但要注意，初进入结果期且长势偏旺的柚树在春梢萌发前后必须

控制使用无机速效氮肥，以高钾中磷低氮配方为宜，以防氮肥过多，春梢营养生长过旺，夏梢早吐且量多，降低坐果率。树龄 25 年以上的老树，其长势已较弱，促春梢肥的比例要高一些，使春梢生长健壮，有利坐果及保持下一年度丰产稳产。

(2)保(稳)果肥 柚树抽吐春梢、开花谢花，幼果生长发育及第一次生理落果，养分大量消耗，特别是进入成年盛产期以后的柚树，枝梢多、花量多、养分消耗更多，此时仅靠春梢前施肥的持续肥效已显不足，如不补充营养，则紧接着的第二次生理落果会加剧。因此，在第二次生理落果期来临之前，于 4 月下旬至 5 月下旬，追施速效性保果肥，分二次施，以复合肥为主，施肥量占全年的 20%。但必须注意，初进入结果和结果少，树势又壮旺的柚树，此次肥可以少施。

(3)壮果促秋梢肥 琯溪蜜柚生理落果一般在 5 月上、中旬结束，定果以后，果实迅速膨大，根系吸肥能力强，对水肥的要求也相应增加，而且进入迟夏梢及早秋梢抽吐期。此时需要大量供给养分，以满足果实膨大期和抽吐新梢的需要。



福建农科院土肥所章明清与洪文思(右)
研究施肥方案(章明清提供)

如果肥水不足，就会影响当年的产量和果实品质。此次施肥以农家肥配合复合肥，可提高果实品质，又能使早秋梢充分老熟，为花芽分化打下良好的营养物质基础。定植后 3—10 年生青壮年结果树，由于既要保持结果量逐年增加，又要保持树冠和根系的适度增长，因此都很重视这次肥料的施用。施肥量占全年量的 25%—35%，可分 2—3 次施用。宜采用高氮、中钾和中磷配方。树龄 25 年以上的老树，由于秋梢数量减少，肥量可减少到占全年的 20%左右。

这次肥料的施用。施肥量占全年量的 25%—35%，可分 2—3 次施用。宜采用高氮、中钾和中磷配方。树龄 25 年以上的老树，由于秋梢数量减少，肥量可减少到占全年的 20%左右。

(4)采果肥 在采收果实后施用。这次必须重施农家肥结合施用氯化钾、过磷酸钙、硫酸锌、石灰等，适当控制无机速效氮肥的施用。此次肥料既能起护根防寒的作用，又能促进树势的恢复，增加树体各器官的养分积累，对花芽分化的数量和质量影响很大，并且对翌年春的萌芽吐梢以及花朵的质量都有影响。对柚树来说，既是当年生长的补肥，又是翌年生长的基肥，特别是结果偏多，负担过重的树和树龄 25 年以上的老树，此次肥料更重要。结果量适中的青壮年结果树，施肥量占全年肥量的 20%—25%。青壮年树如此时施肥量过重，尤其是氮肥过量，往往会引起春梢营养生长过旺，呈徒长趋势，在春梢转绿期与幼果争夺营养，而造成第一次生理落果严重，保果困难而减产。

因此，施肥量要适当控制。而树龄 25 年以上的老树，全年营养生长量最大是春梢期，且花量多、营养消耗大、春梢及花的生长发育好坏，关系到当年及翌年的树势和产量。因此老龄柚树采果后应施重肥，肥量占全年 30—40%。施好采果肥，可以减少或避免出现大小年结果的现象。华南地区气温较高可在 11 月施用。

(四) 施肥方法

1、根际施肥 肥料在土壤中移动性较慢，磷肥则基本不移动。因此，根际施肥应尽量施在有效根分布的土层中，并利用根系的向肥性，幼龄树期间着重引发水平吸收根系，随着树体增大，逐年诱根深扎及扩展，增加树体对土壤中肥水的吸收利用能力，提高树体的抗逆性。

(1) 全园撒施 施肥必须注意，不能施在树干旁边，否则容易伤及大根，且施下的肥料也不易被吸收利用，影响肥效。因为吸收根系主要分布在树冠滴水线下内外两侧的土层中，所以施肥必须施在树冠滴水线下，吸收根系密生的部位。成年果树根系密布全园，可以把肥料均匀撒在土面，然后翻耕。此法有利于根系吸收和改良土壤，但肥料利用率较低。

(2) 挖沟深施：幼树树冠小，施肥量少，多采用条施法，在树冠外缘四周或两侧开直沟、或挖一环状沟，宽度以 20 厘米为宜，深以细根分的垂直范围为度，逐年扩大加深，直至邻株间深沟相连为止。也可以以树干为中心向树冠外围挖几条放射沟，内浅外深，可少伤根，每次施肥要变换位置。然后把肥料均匀施在沟中，与土搅拌均匀，施后覆土。这方法简单，用肥经济集中，浇施水肥也可以先将树冠滴水线内外侧地面疏松，然后把水肥浇于上面并培一层薄土。



营养供应良好的蜜柚（王家驥提供）

(3) 挖穴集(埋)施：在根群已经密集的上层、土层，如开沟伤根太多，可采用穴施法，挖深为 20 厘米的穴，把肥料施入穴中，与土拌匀，然后覆盖土。也可把灌施液肥，使肥料向穴周围渗透，但浓度不能太高，以防伤根。须要注意，应逐次更换穴位，使肥料能均匀的分布全园。

2、根外追肥 根外施肥就是把低浓度的液肥直接喷在树体上，由叶或枝果花直接吸收。这种方法用量省、见效快，对保花保果壮果，调节树势，改善果实品质，矫治缺素症，提高树体越冬抗逆性具有很大的作用。如果两种以上肥料混合使用时，则需把浓度适当降低，以免浓度过高，灼伤叶、花或幼果。根外追肥一年中任何时候均可施用，但一般于新叶期，花芽分化期、保花保果期和幼果期使用较多。在经常出现缺素症的果园，使用根外追肥的办法进行矫治，可以收到立竿见影的效果。宜利用早晨、下午四时后或阴天为好，着重喷施在气孔多的叶片背面，有利于树体吸收。

根外追肥可与防治病虫害的喷药和喷灌结合进行。但要注意农药的性质，以免产生混合后降低肥效或药效，甚至产生肥害或药害。如石硫合剂等含石灰的碱性农药，不能与过磷酸钙及含硼、锌、钼、铁等微肥混合使用，矿物油剂不能与过磷酸钙混合使用。进行根外追肥的各种肥料浓度可参考下表：

表2 根外追肥的溶液浓度

肥料种类	喷施浓度 (%)	肥料种类	喷施浓度 (%)
尿素	0.2 - 1.3	硫酸锰	0.1
复合肥	0.2 - 1.3	硫酸镁	0.2 - 1.5
硫酸钾	0.2 - 1.3	硝酸钙	0.5
过磷酸钙	0.5 - 1 (兑滤液)	硼酸	0.1 - 1.2
磷酸二氢钾	0.2 - 1.3	硼砂	0.1 - 1.2
硫酸铜	0.3 - 1.5	钼酸铵	0.01 - 1.05
硝酸铜	0.3 - 1.5	硫酸铜	0.1
柠檬酸铁	0.1 - 1.2	氢氧化铜	0.1
硫酸锌	0.1 - 1.2	氧化钙	0.1%
氧化锌	0.2	人尿	5 - 10
氯化钾	0.25 - 0.3	牛尿	5 (放置5天后)

(五) 施肥量

柚树丰产在很大程度上依赖于足够和合理的施肥量。合理的施肥量既能保持柚树持续高产、又能提高土壤的肥力，使柚树不会过早退化和老化，避免浪费肥料和污染环境。要确定一种合理的施肥量，是相当困难的事情，因为肥料施入土壤后，究竟有多少能被柚树吸收利用，除了决定柚树的砧木和生育情况外，还取决于其他许多因素，如肥料种类、质量、保存与堆沤方法，施用方法与时期，土壤性质与耕作方法、灌水量与灌水方法，各地的气候环境条件等。世界上各柑橘主产国已逐渐采用植株形态与叶片营养分析及土壤培养分析相结合进行营养诊断的方法来决定施肥量。很难拟订一个统一的施肥标准，现只能根据一些资料和我县琯溪蜜柚的施肥情况，拟订一个大略标准，作为生产上的参考。



福建农科院土肥所研究人员彭家桂(右)、林穷观察蜜柚生长情形(王家骥提供)

施肥量依幼树和结果树而不同。幼树主要施足梢肥，特别是促春、秋梢的萌长时。结果树年株产100公斤果，年需株施纯氮1.2—1.5公斤，其元素比例为

$N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO=100:54-59:96-105:133-137:24-27$ 。钙素的施用，可采用石灰，硝酸钙或钙镁磷肥(表3及表4)。

表3 1~3年生幼年树施肥量 单位：公斤/株

树龄	尿素	过磷酸钙	氯化钾	饼肥	粪肥	硫酸镁	石灰
1年生	0.75	0.5	0.3	0.5	40-50	0.3	1
2年生	0.75	1	0.5	0.75	60	0.5	1-1.5
3年生	1	2	1	2	75	0.75	1.5

表4 1~3年生幼年树氮磷钾用量及配比 单位：公斤/株

树龄	氮 (N)	磷 (P ₂ O ₅)	钾 (K ₂ O)	配比
1年生	0.4	11	0.35	100 : 31 : 55
2年生	0.9	21	0.28	100 : 43 : 56
3年生	0.0	49	0.57	100 : 69 : 82

三、适当排灌(水分管理)

柚树的一切生理活动都离不开水的作用，柚的果实含有80%以上的水分。如果土壤缺水，根系的吸收能力和叶片的光合作用就会降低，树体内各种矿物质，营养及光合产物的运输就会受阻，而果园排水不良，则土壤缺氧，迫使根系无氧呼吸，引起烂根，从而影响树体生长及产量。适当排灌为根系创造良好的生长条件，提高根系对水分矿质营养的吸收，从而促进地上部的生长，提高光合效能，提高产量。在生长上必须根据琯溪柚不同的物候期对水分的需求与各季节的降雨状况进行适当排灌。

1、春季保持湿润 春季柚树正处于春梢抽发，花器发育、开花和幼果发育时期，需要水分较多。保持土壤湿润有利于提高花的质量，抽吐健壮春梢，可以提高当年坐果率，还可以翌年培养健壮的结果母枝。我国柚类产区(江南、华南地区)，此时一般都是梅雨季节，必须注意排水，但遇春早年份则需适当灌水。

2、夏季注意防涝 夏初期间琯溪蜜柚处于生理落果和幼果膨大期。夏季是柚类产区雨量集中的季节，常有暴雨和大暴雨出现，若果园积水时间过长就容易发生烂根，加剧生理落果，烂根后树势不易恢复，果实膨大缓慢，对产量影响很大。纵横排水沟必须及时修好，以保证在夏季暴雨后果园不渍水。

3、秋季防止干旱 秋季前期柚果迅速膨大，后期转向汁胞上水和糖分积累，也是抽吐秋梢的时期，需要大量水分，若此时期水分供给不均匀，极易造成严重裂果。如遇九月干旱、十月上、中旬多雨，也会严重裂果。秋旱是我国柚类产区的突出问题，造成果实变小，果汁少、糖分低，果皮厚等问题的出现。秋季灌水重点是保证柚树能够均匀地得到所需水分，防止久旱灌水不及时和久旱后骤降大雨造成大量裂果。因此，连续无雨高温7—10天就要灌1次水，保证水分均匀供给柚树需要。

4、冬季控制水分 冬季柚树根及枝梢逐渐转入停止生长，是花芽分化的关键时期，必须控制灌水，以促进花芽分化。在秋旱连冬旱、旱情特别严重时，为保证叶过冬可适当灌“跑马水”，采果后浇(灌)一次水有利树势恢复，其余时间一般不要灌水。

磷的合理评价

Albert E. Ludwick 博士

Western Director, PPI aludwick@ppi-far.org



养分有效性是一个复杂的话题。在土壤中某种养分的淋溶、挥发、沉淀抑或遭受其他命运都是由各种化学的、生物的和物理的因素来决定的。下面以问答形式来对磷在土壤中的基本行为作概括性描述。只要存在于土壤之中，不管磷来自于有机物料的分解、或者矿物的风化、还是肥料的施入，磷就是磷。也就是说，无论其来源如何，其实质上的行为是相同的。

问：为什么磷与氮不同，不淋溶到根层以下？

答：土壤中磷的化合物的溶解度非常低。无论磷肥刚施入时的溶解性如何，一旦它与土壤溶液中的阳离子接触就会很快产生沉淀。磷在土壤中移动速度非常缓慢，常常在一年的时间里其移动的距离还不到一英寸。条施磷肥在一定程度上能加快其向下移动。在一些极端条件下，例如重施有机肥形成磷的饱和区也能促使磷的移动加快。

问：土壤的 pH 值会影响磷的有效性吗？

答：是的。当 pH 值在 6.5-7.0 时磷的有效性最大。在酸性土壤中由于会形成磷酸铁和磷酸铝化合物促使磷发生沉淀。在碱性土壤中磷主要是与钙作用形成沉淀。各种磷酸钙盐化合物的溶解性都要比磷酸铁和磷酸铝高。因此，在碱性土中磷的固定的情形不如在酸性土中发生的那么严重。一般而言，若仅仅为了提高磷的有效性而去调节土壤 pH 值在经济上是不合算的。

问：土壤应该如何施用磷肥？

答：不同磷肥施用应根据土壤、作物和环境条件的不同而调整。在春天当气候寒冷潮湿时，在靠近种子的附近施入磷肥是有效的方法。然而，在气候温暖和当土壤仅仅需要一定量的磷来维持其含量水平时，施磷的位置就不是那么重要了。在这种情形下，土壤表面追施是其常用的方法。秋天表面施于干草和饲用草料有利于冬雨促使磷肥向土壤移动。我们的目的是尽量地将磷肥施在根系分布的土层中。

问：哪种磷肥最好？

答：当前市场上有多种高水溶性的磷肥出售。在众多种类中，选择某种磷肥应考虑以下因素：

- 1) 适宜的施用方法：该种肥料是用作干施还是通过灌溉系统进行液施？
- 2) 费用：费用是指该产品每公斤 P_2O_5 的价格，产品所含其他养分如氮、硫等的价值，以及施用时的花费。

肥料供应商的附加服务也会因人而异，这也是影响最终决定在哪儿买哪种肥料的因素。

磷是植物生长的必需养分，是一种大量营养元素。只要正确管理磷素营养，就会带来巨大的效益。

PPI/PPIC 钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所

中国项目部办事处及联络人

网址: www.ppi-ppic.org

香港

雪厂街 24-30 号
顺豪商业大楼 5B 室
鲍哲善博士 (粤桂)

北京

中关村南大街 12 号
中国农科院土壤肥料研究所
邮编 100081
金继运博士, 吴荣贵博士,
刘荣乐博士, 梁鸣早女士
(华北、东北、西北地区)

武汉

武汉市武昌磨山
中国科学院武汉植物所
邮编 430074
陈防博士 (鄂湘皖苏浙沪闽赣)

成都

静居寺路 20 号
四川农科院院部
PPI/PPIC 成都办事处
邮编 610066
涂仕华博士 (云贵川渝甘藏琼)